

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА МЕДНОЙ КАТАНКИ

SPECIAL FEATURES OF COPPER WIRE PRODUCTION PROCESSES

А. Ю. Постыляков, Ю. Н. Логинов

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

a.i.postyliakov@urfu.ru, j.n.loginov@urfu.ru

Abstract

This paper describes specifics of some modern processes used for copper wire production instead of traditional wirebars rolling technology. Depending on the principle of manufacture, these processes can be classified into two groups: obtaining wire with matched casting-rolling procedures (CCR CONTINUUS PROPERZI, SCR SOUTHWIRE, CONTIROD SMS-MEER) and obtaining wire with only casting operation (UPCAST OUTOKUMPU). Each process is provided with a general description and principal scheme of installation. The data about assortment, capacity and share of world output are also given.

1. Из истории вопроса

До начала 50-х годов медная катанка производилась исключительно методом горячей прокатки вайербарсов – прямоугольных слитков длиной около 1 м и массой, варьирующейся в пределах 85 – 120 кг, на полунепрерывных и непрерывных сортовых станах. Полученную катанку подвергали травлению в ваннах с раствором серной кислоты для удаления поверхностного окисленного слоя, после чего концы бухт соединялись посредством контактной сварки [1].

Многочисленные проблемы обеспечения требуемого качества катанки, производимой по данной технологии, к которым относятся: повреждения мест сварки, приводящие к большой вероятности обрыва проволоки при последующем волочении, макроликвация по всей длине катанки, малый вес получаемых бухт, низкая производительность, повышенные энерго- и ресурсозатраты, не могли быть решены в рамках существующего технологического процесса ввиду его дискретного характера [2].

Поиски новых высокопроизводительных способов производства катанки, в совокупности с постоянно растущими требованиями к качеству, привели к идее совмещения процессов литья и прокатки в единый технологический агрегат (ЛПА). Опытнo-конструкторские работы по созданию машины непрерывного литья, специализированного прокатного стана, проводок, сматывающих устройств, а также систем автоматического мониторинга и управления процессом велись в разных странах (в том числе и в СССР) начиная с 50-х годов. В то же время проводились исследования возможности получения катанки с использованием только процесса литья, что должно было уменьшить стоимость установки и сделать её рентабельной при небольших объемах производства катанки. Результатом этих работ стал пуск в эксплуатацию установок, отличающихся

друг от друга исполнением основных конструктивных элементов и принципом ведения технологического процесса, по которому их, согласно сказанному выше, можно подразделить на процессы получения непрерывно-деформированной (CCR CONTINUUS PROPERZI, SCR SOUTHWIRE, SMS-MEER CONTIROD и др.) и непрерывно-литой катанки (UPCAST и др.). Некоторые процессы проанализированы ниже.

2. Процесс CCR CONTINUUS PROPERZI

Процесс непрерывного литья-прокатки CCR, первый патент на который был зарегистрирован в 1947-ом году в Италии, изначально разрабатывался компанией CONTINUUS PROPERZI для изготовления проволоки из таких легкоплавких металлов как свинец и цинк. В 1949-ом году он был адаптирован для производства катанки из алюминия и его сплавов. Первыми покупателями установок PROPERZI стали компании IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES (Англия), MONTECATINI (Италия) и PECHINEY (Франция). Дальнейшие исследования привели к созданию в 1964-м году аналогичных ЛПА для производства медной катанки, которые были поставлены компании SOUTHWIRE (США) и на Ташкентский кабельный завод (СССР) [3]. С тех пор во всем мире в эксплуатацию были запущены более 30-ти установок, производительностью, варьирующейся от 5 до 35 тонн в час [4].

В настоящее время доля процесса CCR в общем объеме производства медной катанки составляет около 5 %. В России установки PROPERZI установлены на заводах Камкат (Каменск-Уральский, производительность 11000 тонн в год) и Налкат (Нальчик, производительность 11000 тонн в год) [5].

Принципиальная схема «классического» ЛПА, конструкции PROPERZI приведена на рис.1 [6].

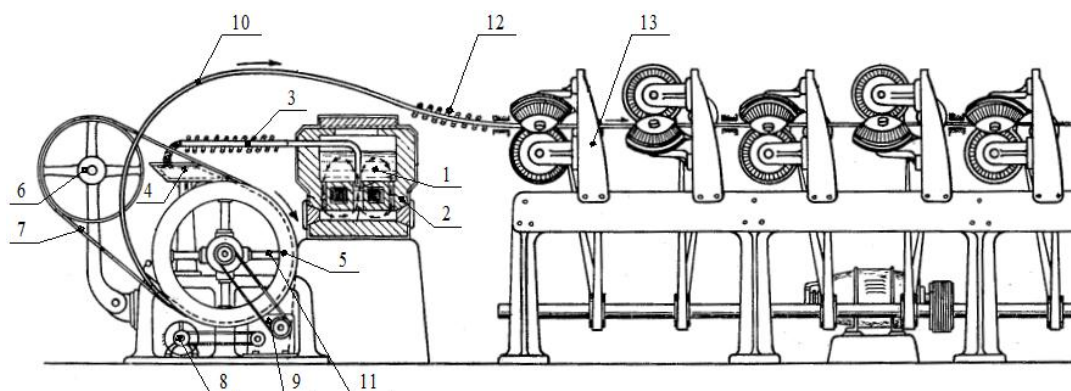


Рис.1. Принципиальная схема ЛПА конструкции PROPERZI: 1 – расплав меди; 2 – индукционная печь; 3 – огнеупорная труба; 4 – разливочный контейнер; 5 – литейное колесо; 6 – натяжное колесо; 7 – лента; 8 – двигатель; 9 – система передаточных механизмов; 10 – непрерывно-литая заготовка; 11 – спицы; 12 – проводки; 13 – прокатный стан

Расплав меди 1, получаемый в индукционной печи 2, по огнеупорной трубе 3 подается в разливочный контейнер 4. Машина непрерывного литья состоит из двух вращающихся колес: литейного 5 и натяжного 6, охватываемых лентой 7. По ободу литейного колеса выполнена канавка (показана пунктиром), стенки которой в совокупности с лентой образуют кристаллизатор. Вращение литейного колеса осуществляется двигателем 8 через систему передаточных механизмов 9. Подача охлаждающей жидкости, обеспечивающая кристаллизацию расплава и формирование непрерывно-литой заготовки 10, осуществляется через полости спиц 11 литейного колеса. Полученная заготовка через систему проводок 12 подается в непрерывный прокатный стан 13, состоящий из 13-ти трехвалковых клетей (калибровка треугольник – круг). В настоящее время стандартом компании является использование двухвалковых рабочих клетей с диаметром валков 180 – 400 мм в черновой и трехвалковых с диаметром валков 180 – 270 мм в чистовой группе. Общее количество клетей варьируется от 8 до 15 [7].

Непосредственно за прокатным станом установлена линия охлаждения и освещения катанки, состоящая из трубы, внутри которой циркулирует спиртовой раствор. Спирт также применяется в качестве одного из компонентов эмульсии, используемой при прокатке. Завершают процесс изготовления катанки операции нанесения воскового защитного покрытия и сматывание в бухты [7].

Сортамент продукции, выпускаемой по технологии CCR – катанка диаметром от 8 до 24 мм [4].

3. Процесс SCR SOUTHWIRE

Процесс SCR был разработан компаниями SOUTHWIRE и WESTERN ELECTRIC в 1964-ом

году на основе установки PROPERZI, в которую были внесены существенные конструктивные изменения. Первый ЛПА для производства медной катанки конструкции SOUTHWIRE начал работу в городе Карролтон (США) в 1965 году [8]. На сегодняшний день в мире функционируют 79 установок SOUTHWIRE производительностью от 37500 до 353800 тонн в год [9], а количество производимой на них катанки составляет более 50 % мирового объема её изготовления [5].

В России установки SOUTHWIRE эксплуатируются на предприятиях Элкат (Москва, производительность 150000 тонн в год), Транскат (Санкт-Петербург, производительность 60000 тонн в год), Роскат (Рыбинск, производительность 79000 тонн в год), НМЗ (Великий Новгород, производительность 92000 тонн в год), КМЭЗ (Кыштым, производительность 100000 тонн в год) [10].

Принципиальная схема установки SOUTHWIRE для производства медной катанки приведена на рис.2 [11].

Медные катоды посредством скипового подъемника 1, загружаются в вертикальную плавильную печь 2. Образующийся расплав по разливочному желобу 3 подается в раздаточную печь 4, и из неё – в машину непрерывного литья 5, конструктивно отличающуюся от описанной выше машины PROPERZI наличием всесторонней системы охлаждения расплава в кристаллизаторе и механизмом натяжения ленты, состоящим из роликов. После предварительной обработки в машине подготовки 6, заключающейся в обрезке острых кромок и удалении поверхностного оксидного слоя, заготовка подается в непрерывный прокатный стан 7. Последние операции технологического процесса: освещение и нанесение защитного покрытия осуществляются в машине окончательной обработке 8, после чего готовая катанка сматывается в бухты моталкой 9.

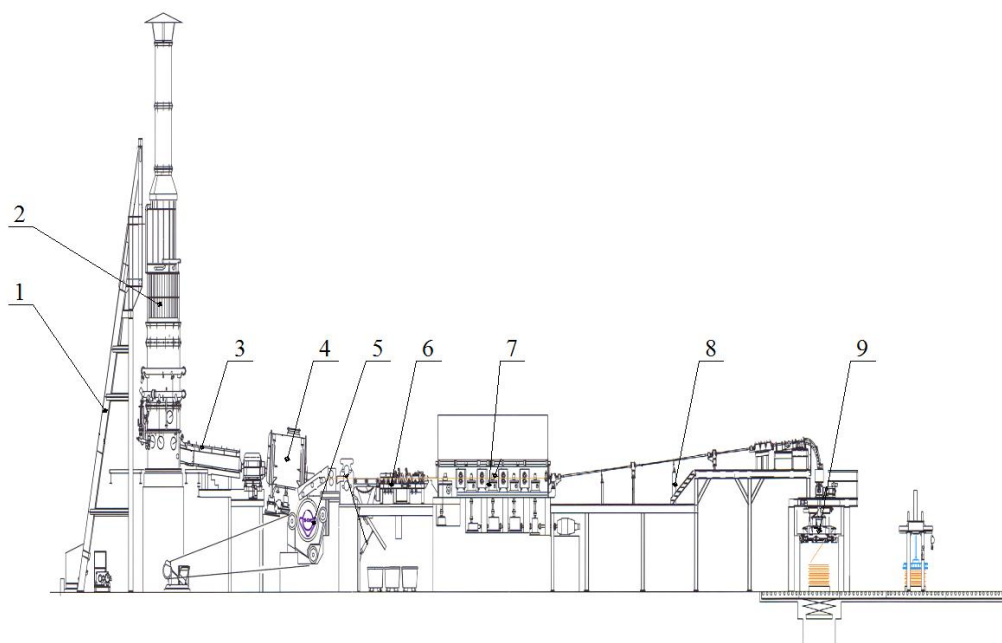


Рис.2. Принципиальная схема установки SOUTHWIRE: 1 – скиповый подъемник; 2 – плавильная печь; 3 – разливочный желоб; 4 – раздаточная печь; 5 – машина непрерывного литья; 6 – машина подготовки; 7 – прокатный стан; 8 – машина окончательной обработки; 9 – моталка

Сортамент продукции, выпускаемой по технологии SCR – катанка диаметром от 8 до 25 мм [12].

4. Процесс SMS-MEER CONTIROD

Процесс CONTIROD, был создан вначале 1970-х годов фирмами HAZELETT STRIP CASTING CORPORATION (США), MHOOLEN (Бельгия) и KRUPPINDUSTRIETCHNIK (Германия), и впоследствии в 1999-ом году перешел в распоряжение концерна SMS-MEER после слияния компаний KRUPP и MANNESMANNDAMAG, и еще позже MANNESMANNDAMAG и SMS

SCHOLE MANNSIEMAGAG. Первая установка, установленная на металлургическом заводе компании MHOOLEN в 1973-м году,

обладала производительностью в 157500 тонн в год. В 1976-ом году компания создала вторую установку производительностью 204900 тонн в год [8]. Современные установки SMS-MEER обладают производительностью от 30000 до 400000 тонн в год [13], обеспечивая выпуск 27 % мирового объема медной катанки [5]. В России установка SMS-MEER функционирует на предприятии Катур-Инвест (Верхняя Пышма, производительность 280000 тонн в год).

Принципиальная схема установки SMS-MEER приведена на рис.4.

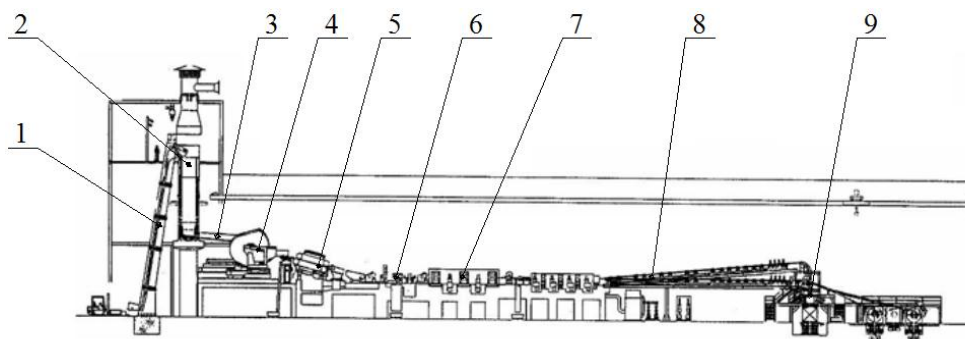


Рис.4. Принципиальная схема установки SMS-MEER: 1 – скиповый подъемник; 2 – плавильная печь; 3 – разливочный желоб; 4 – раздаточная печь; 5 – машина непрерывного литья; 6 – машина подготовки; 7 – прокатный стан; 8 – машина окончательной обработки; 9 – моталка

Основные структурные части установки SMS-MEER, их функциональное назначение, а также принцип ведения технологического процесса в целом аналогичны описанным выше для установки SOUTHWIRE. Главное отличие состоит в конструкции машины непрерывного литья, схема которой приведена на рис.5. Расплав меди из контейнера 1 поступает в кристаллизатор,

формируемый двумя вращающимися стальными лентами 2 и двумя вращающимися цепями 3, снабженными сменными бронзовыми блоками. Система роликов 4 обеспечивает компенсацию усадки при кристаллизации непрерывно-литой заготовки 5.

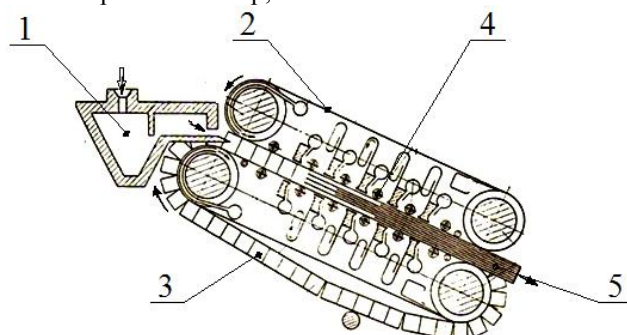


Рис.5. Принципиальная схема машины непрерывного литья HAZELETT:
1 – контейнер; 2 – стальная лента; 3 – цепь; 4 – компенсирующие ролики;
5 – непрерывно-литая заготовка

Сортамент продукции, выпускаемой по технологии CONTIROD – катанка диаметром от 8 до 23 мм [13].

5. Процесс UPCAST OUTOKUMPU

Впервые процесс производства медной катанки с использованием установки восходящего вертикального литья UPCAST был апробирован и внедрен в компании OUTOKUMPU в начале 1970-х годов [8]. В настоящее время до 5% мирового производства медной катанки осуществляется с использованием данного технологического процесса [5], при этом производительность установок составляет от 2000 до 14000 тонн в

год [14].

Особенностью процесса UPCAST является получение катанки требуемого диаметра исключительно операцией литья и как следствие, появляется возможность производства катанки из бескислородной меди. Принципиальная схема 12-ти ручьевой установки OUTOKUMPU производительностью 10000 тонн в год приведена на рис.6 [15].

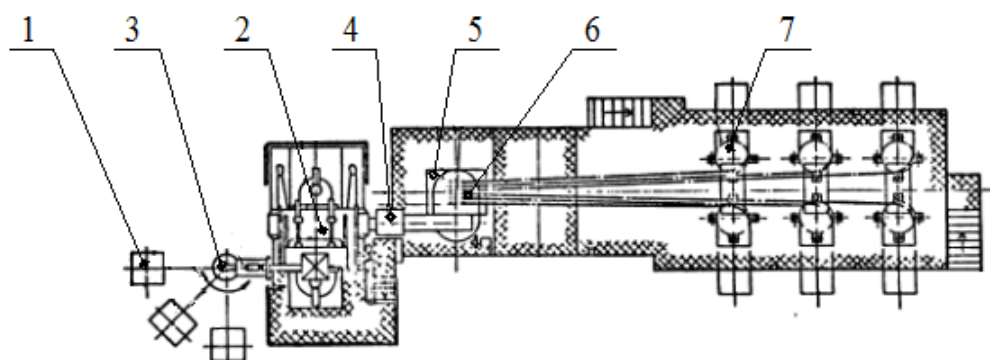


Рис.6. Принципиальная схема 12-ти ручьевой установки UPCAST:

1 – катоды; 2 – индукционная печь; 3 – транспортное устройство;
4 – разливочный желоб; 5 – раздаточная печь; 6 – кристаллизаторы;
7 – намоточные устройства

Медные катоды 1 подвергаются плавке в индукционной печи 2. Загрузка катодов в печь осуществляется посредством поворотного транспортного устройства 3. Расплав из плавильной печи по разливочному желобу 4 непрерывно

подается в раздаточную печь 5. Раздаточная печь состоит из двух сообщающихся между собой камер: меньшей – для приема расплава и большей – для литья катанки. Расплав непрерывно подается в водоохлаждаемые кристаллизаторы 6, где

происходит его затвердевание с образованием непрерывно-литой катанки и её последующее интенсивное охлаждение. Индивидуальные намоточные устройства 7 формируют бухты готовой катанки.

Сортамент продукции, выпускаемой по технологии UPCAST – катанка диаметром от 8 до 25 мм [14].

6. Выводы

Таким образом, выявлено, что развитие методов производства медной катанки происходит по двум основным направлениям: переход полностью на литейные технологии, не предполагающие применение горячей прокатки и совмещение процессов разлива с горячей сортовой прокаткой.

Список литературы

1. Софинский П. И., Ершов И. М. Современные агрегаты непрерывной разлива цветных металлов в СССР и за рубежом. – М.: НИИФОРМТЯЖМАШ, 1965. 57 с.
2. Попс Х. Изготовление проволоки – из древности в будущее // Компоненты и технологии. 2009. №7. С.140 – 146.
3. «КОНТИНУУС-ПРОПЕРЦИ» – Новая история // Национальная металлургия. 2005. № 9. С.22-24.
4. COPPER CCR LINES: официальный сайт компании CONTINUUS PROPERZI. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://properzi.com/category-products/COPPER-CCR-LINES.HTML> (дата обращения 28.08.2013).
5. Белый Д. И. Современные технологии производства медной катанки для кабельной промышленности // Наука и техника. 2011. №5. С.29 – 33.
6. Патент США № 2710433. Continuous metal casting machine. Apl. ParioProperzi. Заявл. 25.02.1949. Опул. 14.06.1955. НКИ 22 – 57.4.
7. From molten metal to wire: 50 years of CONTINUUS PROPERZI Aland Curod technology: официальный сайт компании CONTINUUS PROPERZI.[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://properzi.com/getdocument.ctr?file=met2wire.pdf> (дата обращения 3.09.2013).
8. Cuypers P. F. Continuous casting in the copper wire industry. Eindhoven University of Technology, 1987. 61 p.
9. Southwire Copper Rod Systems: официальный сайт компании SOUTHWIRE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://southwire.com/scr/scr-copper-rod-systems.htm> (дата обращения 5.09.2013).
10. Исследовательская группа ИНФО-МАЙН. Обзор рынка медной катанки в СНГ. М.:ИНФО-МАЙН, 2012. 100 с.
11. SCR Copper Brochure: официальный сайт компании SOUTHWIRE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://southwire.com/documents/SCR-Copper-Brouchure.pdf> (дата обращения 5.09.2013).
12. SCR Continuous Rod Systems: официальный сайт компании SOUTHWIRE[Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://southwire.com/documents/SCRSystemSizeProducts_v7.pdf (дата обращения 5.09.2013).
13. CONTIROD technology: официальный сайт компании SMS-MEER [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sms-meer.com/fileadmin/user_upload/pdf/publication/ne_anlagen_kupfer/20130508_Prodktblatt_Contiroad_Ansicht.pdf (дата обращения 11.09.2013).
14. UPCAST Products: официальный сайт компании UPCAST. [Электронный ресурс]. –Режим доступа:<http://www.upcast.com/rus/upcast-products.html> (дата обращения 12.09.2013).
15. Rantanen Mauri. The «UPCAST» method of producing copper wire // Wire industry. 1976. № 511. С.565 – 567.
16. Логинов Ю.Н., Мальцева Л.А., Вырлина Л.М., Копылова Т.П. Проблемы применения медной катанки в кабельной промышленности. Кабели и провода. 2001. № 2. С. 14-16.
17. Логинов Ю.Н., Мальцева Л.А., Вырлина Л.М., Копылова Т.П. Анизотропные свойства непрерывнолитой медной катанки электротехнического назначения. Цветные металлы. 2002. № 4. С. 73-77.
18. Логинов Ю.Н., Демаков С.Л., Илларионов А.Г., Иванова М.А., Романов В.А. Структурное состояние медной катанки, полученной при непрерывном процессе литья-прокатки. Цветные металлы. 2013. № 8 (848). С. 87-92.
19. Инатович Ю.В., Логинов Ю.Н., Постыляков А.Ю. Адаптация алгоритма расчета формоизменения металла при прокатке медной катанки. Производство проката. 2014. № 5. С. 16-21.
20. Логинов Ю.Н., Мысик Р.К., Романов В.А. Анизотропные характеристики непрерывнолитой кислородсодержащей меди. Литейщик России. 2008. № 3. С. 25-27.
21. Логинов Ю.Н., Зуев А.Ю., Инатович Ю.В. Анализ сортовой прокатки кислородсодержащей меди с учетом немоности характеристик упрочнения. Цветные металлы. 2012. № 7. С. 77-81.
22. Логинов Ю.Н., Зуев А.Ю., Копылова Т.П. Зависимость параметров работы волочильного оборудования от колебаний диаметра медной катанки. Кабели и провода. 2009. № 3. С. 23-25.
23. Логинов Ю.Н., Мысик Р.К. Непрерывные методы литья и прокатки в производстве контактного провода для железнодорожного транспорта. Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2014. Т. 7. № 3. С. 316-326.